

Banaz Havzasındaki (Uşak, B-Türkiye) Neojen Yaşlı Sedimanter Birimlerin Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri

İbrahim ASLAN¹, Tülay ALTAY^{2,*}

¹Afyon İl Özel İdaresi, Afyonkarahisar

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

*Sorumlu yazar e-posta: taltay@aku.edu.tr

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3526-6717>

e-posta: ibrahimaslan03@hotmail.com ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3875-0301>

Geliş Tarihi: 15.01.2021

Kabul Tarihi: 11.04.2021

Öz

Banaz Havzası (Uşak), Batı Anadolu'da Uşak havzası ile bağlantılı, Neojen yaşlı karasal tortullarla doldurulan bir havzadır. Havzanın güneyinde temeli oluşturan Menderes masifine ait düşük dereceli metamorfiklerden oluşan şist ve mermerler yer alır. Banaz havzasını dolduran Neojen istif alttan üste doğru, egemen olarak fluviyal ve gölsel çökellerden oluşmuştur. Fluviyal tortullar egemen olarak çapraz katmanlı çakıtaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşur. Fluviyal birimler havzasının özellikle güney bölümlerinde geniş yayılım gösteren gölsel birimler tarafından uyumlu olarak üzerlenir. Gölsel birimler yaygın olarak kireçtaşı, marn, kalkerli çamurtaşı, silttaşı ve kilttaşından oluşur. Tüf, kumtaşı ve çakıtaşı ise gölsel istif içinde yersel olarak gözlenir. Havza içerisinde bulunan Miyosen yaşlı riyodasit, trakit, trakinadezit, andezit, tefrit, tüf ve aglomeralardan oluşan volkanik ve piroklastik kayalar inceleme alanının doğu-güneydoğusunda yayılım göstermektedir. İnceleme alanında bir kamu kurumu tarafından derinlikleri 95 m ile 580 m arasında değişen on dört adet derin sondaj yapılmıştır. Sondajlarda bazı seviyelerde ince kömür damarları kesilmiştir. Kayaç örneklerinde yapılan XRD çalışmalarıyla kalsit, dolomit, feldispat, kuvars, kil mineralleri ve eser oranda anhidrit belirlenmiştir. Kil mineralleri olarak Ca-smectit, kaolinit ve illit tespit edilmiştir. Örneklerin kil içeriğine bağlı olarak Al₂O₃ ve SiO₂ içerikleri artmaktadır. Karbonat içeriği yüksek örneklerin toplam NTE ve iz element içeriği kil oranı yüksek örneklere göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. HNT elementler ANT elementlere göre zenginleşme göstermektedir. İncelenen sedimanter kayaların kurak/yarı kurak koşullar altında sedimentasyon işlemiyle oluştuğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler

Neojen; Kil;
Banaz Havzası; Uşak;
B-Türkiye

Mineralogical and Geochemical Properties of Neogene aged Sedimentary Units in the Banaz Basin (Uşak, W-Turkey)

Abstract

The Neogene Banaz Basin (Uşak) includes continental sediments associated with the Uşak Basin in Western Anatolia. In the south of the basin, there are schists and marbles consisting of low grade metamorphics belonging to the Menderes massif as a basement. The Neogene sequence in the Banaz basin from the bottom to the top is composed of fluvial and lacustrine deposits. Fluvial sediments, conformably overlain by lacustrine sediments, comprise cross layered gravelstone, sandstone and mudstone. Lacustrine sediments, widely spread in the southern part of the Banaz basin, consist of limestone, marl, calcareous mudstone, siltstone and claystone. Tuff, sandstone and conglomerate are observed locally within the lacustrine sequence. The Miocene volcanic and pyroclastic rocks, which are composed of rhyodacite, trachyte, trachandesite, andesite, tephrite, tuff and agglomerates, are detected in the east-southeast of the study area. In the study area, fourteen boreholes with depths ranging from 95 to 580 m were performed by a public company. Thin coal layers were detected in some borehole cores. In some samples calcite, dolomite, feldspar, quartz, clay minerals and trace amount of anhydrite were determined by XRD traces. Ca-smectite, kaolinite and illite in clay fractions were identified. The contents of Al₂O₃ and SiO₂ depending on the clay content of the samples increase. The total REE and trace elements content of the carbonate-rich samples were found to be quite low

Keywords

Neogene; Clay;
Banaz Basin; Uşak;
W-Turkey

compared to the clay-rich samples. LRE elements show enrichment according to HRE elements. It was determined that the sedimentary rocks analyzed in the present study were formed by sedimentation process under arid/semi-arid conditions.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Çalışma alanını oluşturan Banaz havzası Batı Anadolu'da Uşak ilinin doğusunda yer alır (Şekil 1a) Uşak havzası ile bağlantılı olan havza Neojen yaşlı fluvial ve gölsel birimlerden oluşan fay kontrollü bir havzadır. Havza içinde fluvial ve gölsel birimler içerisinde kalınlığı 10 ile 50 cm arasında değişen ekonomik olmayan linyit damarları bulunmaktadır. Kahve renkli ısı değeri düşük olan linyitin dünyada ABD, Rusya, Çin, Avustralya ve Ukrayna da önemli yatakları bulunmaktadır. Ülkemizde ise en yaygın bulunan kömür çeşidi olup birçok yerde linyit zuhurlarına rastlanmaktadır. TKİ (2011)'e göre Türkiye'nin linyit rezervleri dünya linyit rezervlerinin %5.9'unu oluşturmaktadır. Ülkemizde çoğunluğu termik santrallerde kullanılan linyitler yüksek oranda kül, uçucu madde, nem ve kükürt içermektedir.

İnceleme alanı olarak belirlenen bölgede eski yıllardan beri çoğunluğu genel jeolojik amaçlı olmak üzere çeşitli amaçlı ve çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ercan vd. 1977, 1978, 1979, 1982, Koçyiğit 1984, Çakmaklıoğlu 1986, Savaşın vd. 1990, Savaşın ve Güleç 1990, Aydın 1996, Öztürk ve Karadağ 2002, 2009, Öztürk vd. 2003, Davraz 2007, Akgün vd. 2007, Başaran 2009, Şentürk 2017). Bu çalışmada Banaz havzasındaki sedimanter birimlerin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması ve havzada belirlenen minerallerin türleri ve oluşum etkenleri belirlenerek kökensel özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmalar kapsamında araziden sistematik örnekleme ile beraber bölgede bir kamu kurumu tarafından yapılan kömür arama ve rezerv sondajları takip edilmiş, sondaj karotlarından örnekleme yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma alanında araştırmanın amacına uygun olacak şekilde on dört adet sondajdan örnekleme yapılmıştır (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13 ve B14 sondajı) (Şekil 1b, Çizelge 1).

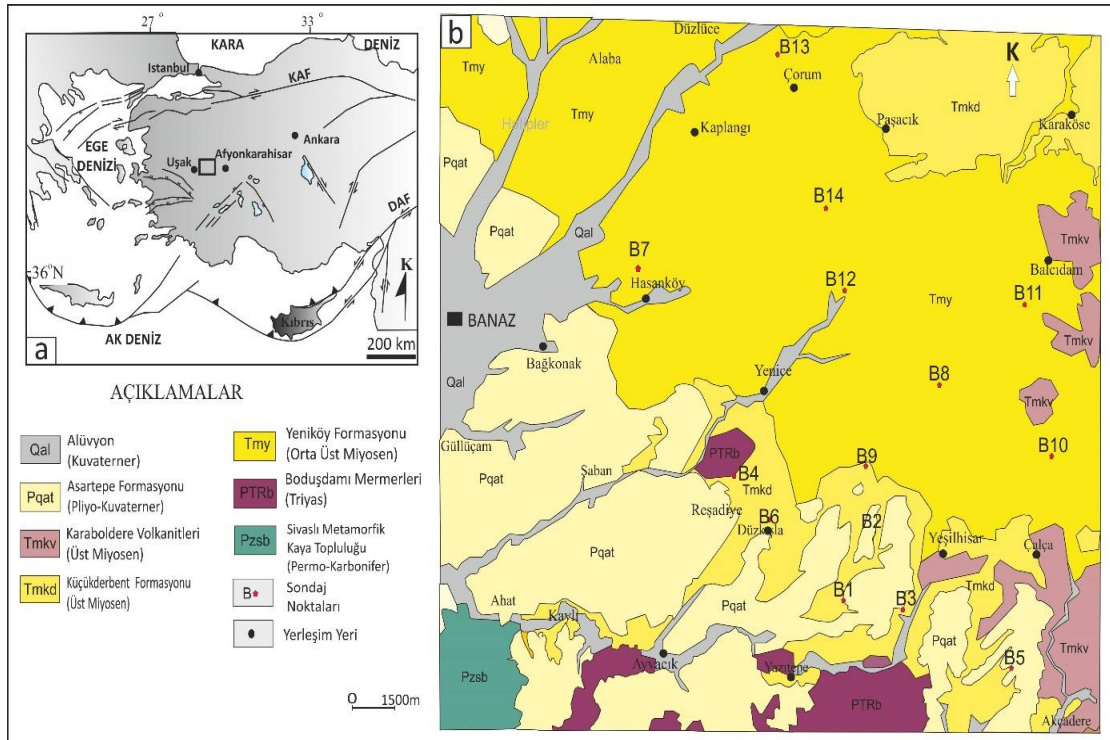
Sondajlardan alınan numuneler sondaj numarası ve alındığı metreye göre isimlendirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında ilk olarak, sondajlardan seçilen örnekler Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama Laboratuvarında halkalı değirmen yardımı ile -100 µm boyutuna kadar öğütülerek XRD analizi için hazır hale getirilmiştir. Örneklerin tüm kayaç mineralojik analizi Afyon Kocatepe Üniversitesinde TUAM laboratuvarında yapılmıştır ($2\theta=2^{\circ}-70^{\circ}$). Analizlerin değerlendirilmesi sonucu kil mineral içeriği yüksek örnekler kil ayrımı (silikat ve karbonatlardan kil minerallerinin ayrılma işlemi) yapıldıktan sonra saf kil örnekleri üzerinde kil boyu mineralojik bileşimin belirlenmesi için kil çekimi (Normal, etilen glikollü ve 550°C de fırınlanmış) yapılmıştır ($2\theta=2^{\circ}-30^{\circ}$). X-ışınları çözümlenmeleri Shimadzu 6000 model ve Bruker D8 Advance X-ışınları difraktometreleri kullanılarak yapılmıştır. Mineral tanımlamaları JCPDS (1993) kartları ile yapılmıştır. Minerallerin % içerikleri kütle absorpsiyon katsayıları kullanılarak belirlenmiştir (Gündoğdu 1982). Bu metodun nispi doğruluğu ± 15 dir. Mineralojik analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonucu seçilen örneklerin jeokimyasal analizleri Acme Laboratuvarlarında (Kanada) yaptırılmıştır. Analizlerde ICP-MS ve ES (Inductial Couple Plazma – Mass Spectrometry, Emission Spectrometry) ile majör oksit, iz ve nadir toprak element, ateşte kayıp (AK), Leco analizi ile karbonat içeren örneklerde toplam C ve sülfat içeren örneklerde toplam S analizleri yaptırılmıştır (Acme Laboratuvarı analiz kodu: LF200). Laboratuvarlara gönderilen numuneler en sıkı kalite kontrolüyle analiz edilmektedir. Örnek alma, hazırlama ve analiz çalışmaları Uluslararası QA/QC kalite standartlarına uygun yapılmıştır.

3. Genel Jeoloji

Çalışma alanındaki en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı (Permo-Karbonifer) Sivaslı metamorfik kaya topluluğudur (Şekil 1b). Menderes Masifinin örtü sistlerinden ve mermer merceklerinden oluşan

birim ilk kez Çakmaköğlü (1986) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında birim Banaz ilçesinin güneyinde, Ahlat çevresinde dar alanda yayılım göstermektedir. Birimin üzerine gri, beyaz, yeşil renkli, bantlı mermerlerden oluşan Mesozoyik yaşlı Baduşdamı mermerleri uyumlu olarak gelmektedir. Adını Boduşdamı köyünden alan birim, ilk olarak Çakmaköğlü (1986) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında Yazitepe-ihsaniye, Ayvacık arasında ve Çöğürtlü ile Ulupınar kuzeyinde yayılım göstermektedir. Baduşdamı mermerleri üzerine uyumsuz olarak çalışma alanında geniş yayılım gösteren Orta-Üst Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonu gelmektedir. Birim Ercan ve diğerleri (1977) tarafından adlandırılmıştır. Alüvyon ovası ortamı özellikleri gösteren formasyon kirliliği sarı, turuncu renkli çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, tüfit ve killi kireçtaşı araldanmasından oluşmuştur (Şekil 2a). Killi düzeylerde bitki artıkları, kök ve parçaları görüldüğü ve katman kalınlıklarının 3cm ile 40cm arasında değiştiği ve ayrıca yer yer yersel kömürlü yüzeylerin de izlendiği belirtilmiştir (Ercan vd. 1977). Birim üzerine uyumlu bir dokanakla Üst Miyosen yaşlı Küçükderbent formasyonu gelmektedir. Başlıca çamurtaşı, kumtaşı, kiltası, marn, killi kireçtaşı araldanmasından oluşan birim inceleme alanının

güneyinde ve kuzeyinde yayılım göstermektedir (Şekil 2b). Çalışma alanındaki Miyosen çökelişi, alüvyon yelpazesi çökelleri ile başlayıp, fluvial çökeller ve delta oluşuklarıyla devam ettiği ve gölsel bir ortamda sona erdiği anlaşılmaktadır. Karaboldere volkanitlerine ait trakiandezitler, çalışma alanının güneydoğusunda Küçükderbent formasyonuna ait gölsel tortulları keser. Üst Miyosen yaşlı Karaboldere volkanitleri, riyodasit, trakit, trakinandezit, andezit, tefrit, tuf ve aglomeralardan oluşmuştur (Şekil 2c). Volkanizma gölsel ortamda Küçükderbent formasyonunun sedimanlarının çökelişi devam ederken başlamıştır. Miyosen yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla egemen olarak alüvyon yelpaze ve fluvial tortullardan oluşan Asartepe formasyonu gelmektedir (Şekil 2d). İnceleme alanının güney ve güneybatı kesimlerinde oldukça geniş bir alanda yüzeyleyen birim Ercan ve diğerleri (1977) tarafından adlandırılmış ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı verilmiştir. Birim zayıf tutturulmuş, orta-kalın katmanlı konglomera, kumtaşı araldanması şeklinde olup yer yer de ince marnlı düzeyler içermektedir. En üstte ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır (Ercan vd. 1977).



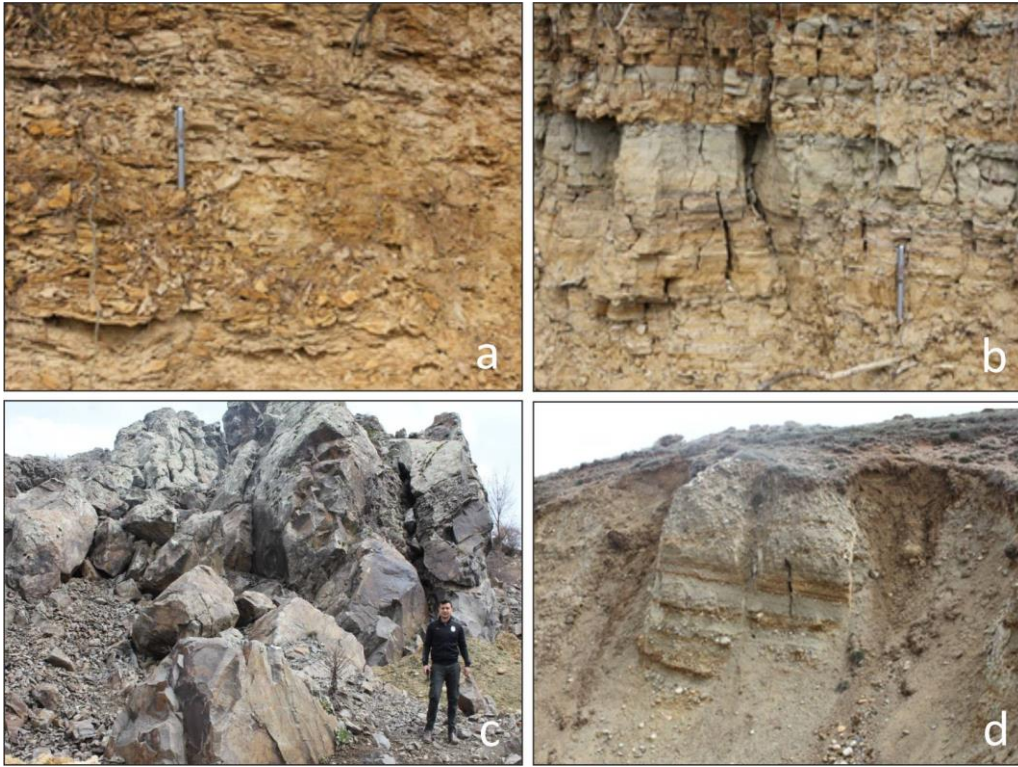
Şekil 1. (a) Çalışma alanının yer bulduru haritası, (b) Çalışma alanının jeoloji haritası ve sondaj lokasyonları (Ercan vd. 1979, Şentürk 2017).

4. Bulgular

4.1. Sondaj Karotlarının Litolojik Özellikleri

Banaz havzası fluvial, fluvio-lacustrine (geçiş ortamı) ve göl sel tortulların geniş bir alan içinde yayılım gösterdiği fay kontrollü bir havzadır. Havzada yapılan sondaj derinlikleri 95 m ile 580 m arasında değişmektedir. Sondajların koordinatları ve sondaj derinlikleri Çizelge 1 de verilmiştir. Sondajlarda yaygın olarak fluvial ortam çökellerini yeşilimsi gri, zayıf pekleşmiş yersel çapraz tabakalı kumtaşı, çakıltaşı ve çamurtaşı ardalanması oluşturmaktadır. Gölsel birimler ise açık grimsi, bej

kalın tabakalı kireçtaşı, yersel marn, kalkerli çamurtaşı, silttaşı ve laminalı-varvli kiltaşından oluşmaktadır. Fluvio-lacustrine birimler ise zayıf pekleşmiş açık gri, sarımsı killi kireçtaşı, yersel çakıltaşı seviyeleri içeren laminalı, kalkerli çamurtaşı, kiltası ve kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 3 ve 4). Fluvial istif içinde, kanal dolgusu çakıltaşlarının yanı sıra, taşkın düzlüğü ortamında çökelmiş ince kömür damarları içeren (1-10 cm kalınlıkta), koyu grimsi çamurtaşları en belirgin litofasiyes düzeylerini simgelemektedir. Gölsel tortullar içinde yer yer siyahımsı, organik maddece zengin kömürlü kiltaları yer alır (Şentürk 2017).



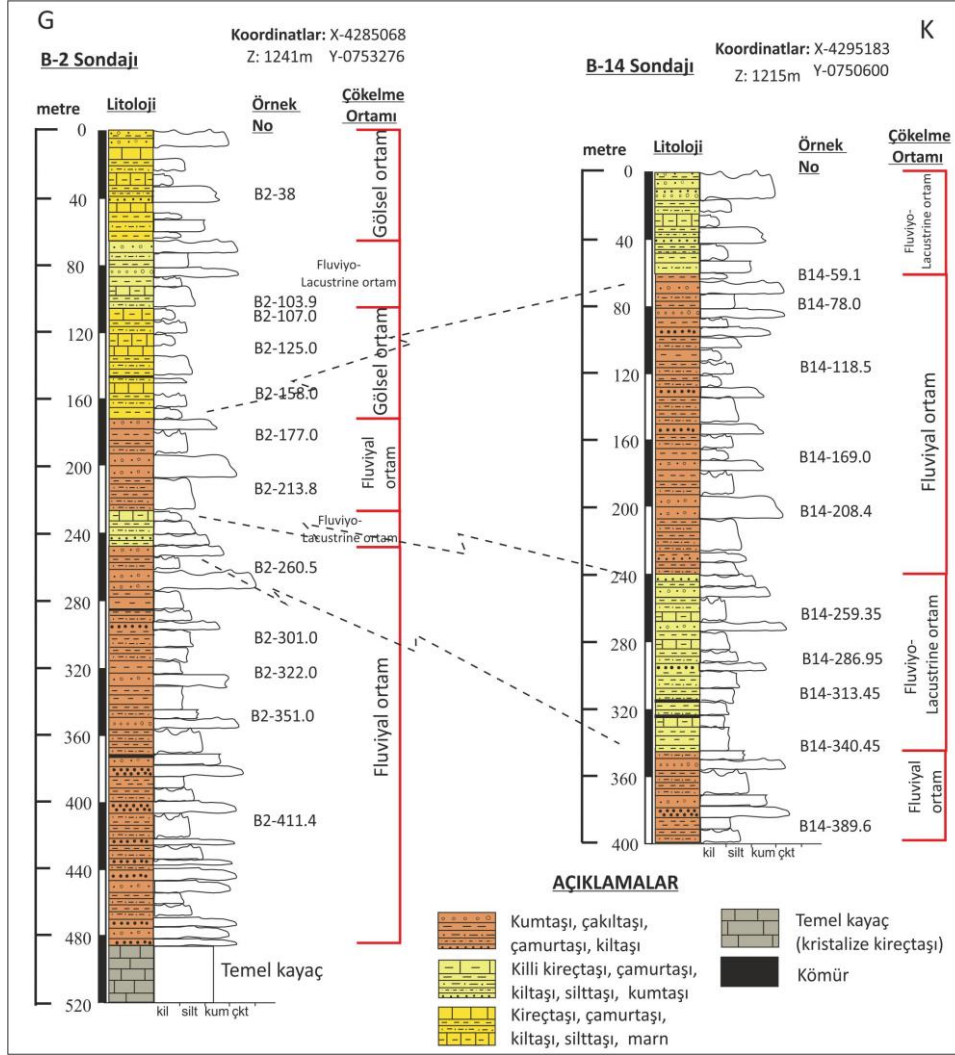
Şekil 2. (a) Banaz-Afyon karayolu üzerinde Corum Köyü yakınında Yeniköy formasyonuna ait kiltaları, (b) Paşacık Köyü kuzey batısında gözlenen Küçükderbent formasyonuna ait kiltası, killi kireçtaşı, (c) Yeşilhisar Köyü civarında gözlenen Karaboldere volkanitleri, (d) Yeşilhisar-Çalca köyleri arasında Asartepe formasyonuna ait zayıf tutturulmuş konglomera ve kumtaşı.

Havzanın güneyinde yapılan sondajlarda yaygın olarak altta fluvial, üstte gölsel birimler, kuzeye doğru fluvial ve fluvio-lacustrine birimlere geçiş gösterir (Şekil 3 ve Şekil 4). Banaz havzasının batı bölümünde yapılan sondajlarda daha çok gölsel ve fluvio-lacustrine birimler, doğu bölümünde ise daha çok fluvial birimler egemendir. İnceleme alanının doğusunda yapılan Banaz 8, 10 ve 11

sondajları havzadaki en derin sondajlardır. Bu sondajlar da tamamen fluvial istif kesilmiştir. Bu derinleşme ve fluvial birimlerin ani kalınlaşması, temele kadar uzanan gömülü faylarla ilişkili gelişmiş olmalıdır. Havzanın doğu ve güneydoğu bölümünde yapılan sondajlarda fluvial istif içinde volkanoklastik çakıltaşlarından oluşan volkanik arakatkılar bulunmaktadır. Bu durum volkanik

aktivitenin havzada çökme sırasında devam ettiğini göstermektedir. Banaz-14 sondajında 313-320. metreler arasında kesilen ve toplam 50 cm kalınlığa ulaşan kömür damarları, yöredeki alt

fluviyo-lacustrine istif içinde yer almaktadır. Kuyu tabanında temel birimleri sarımsı şist ve koyu gri siyahımsı kristalize kireçtaşları oluşturmaktadır (Şentürk 2017).



Şekil 3. Çalışma alanında yapılan B2 ve B14 sondajlarının düşey stratigrafik kesitleri (Sondajların haritadaki yeri için Şekil 1b'ye bakınız).

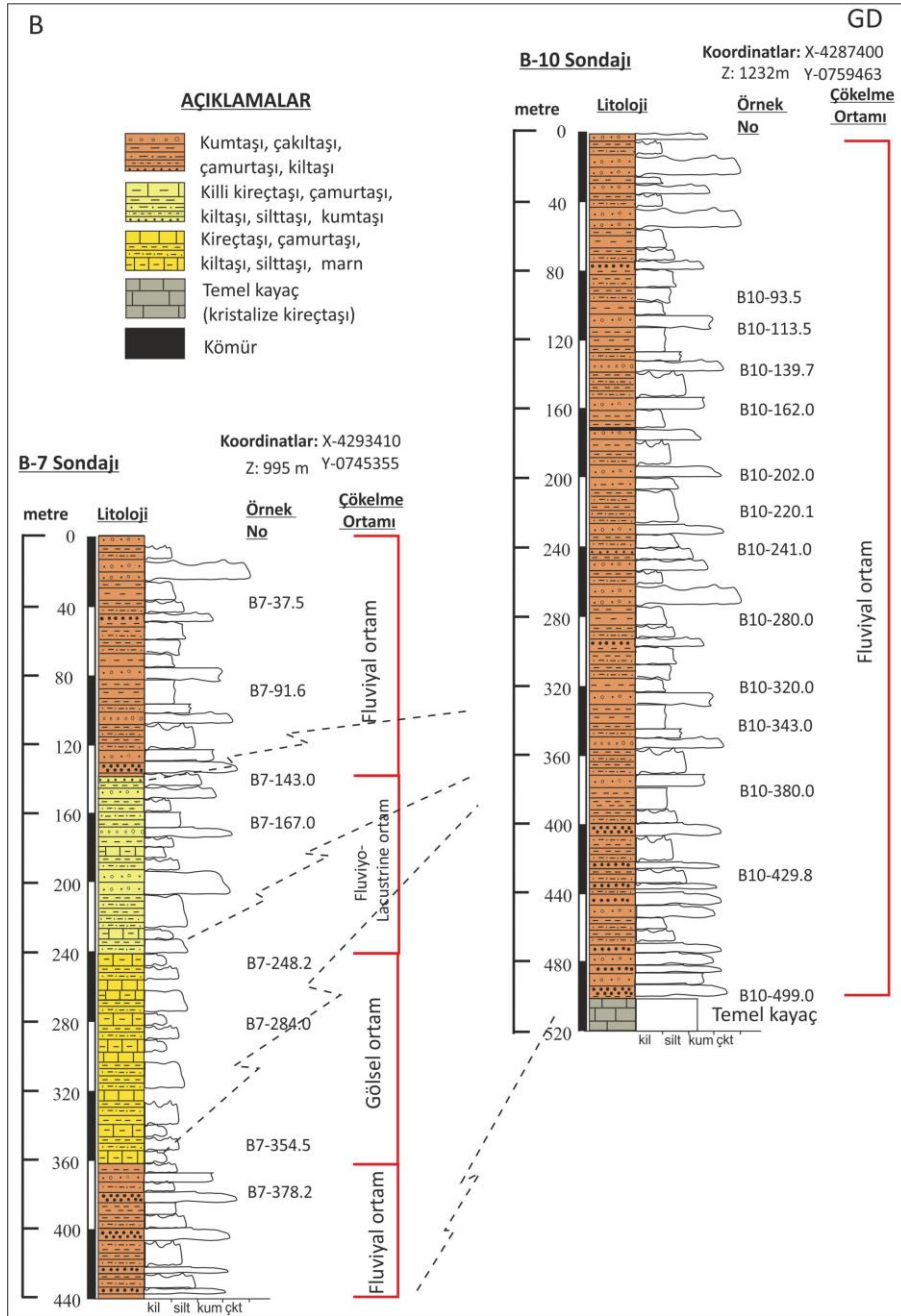
Çizelge 1. Sondaj derinlikleri ve koordinatları.

Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	X (Yukarı)	Y (Sağa)	Z (m)
B1	95.5	42 82 948	07 52 356	1220
B2	515.0	42 85 068	07 53 276	1241
B3	112.0	42 82 793	07 54 318	1203
B4	202.0	42 86 717	07 48 946	1194
B5	179.0	42 81 407	07 58 318	1310
B6	126.5	42 85 212	07 50 558	1200
B7	418.0	42 93 410	07 45 355	995
B8	415.0	42 89 495	07 55 350	1445
B9	373.5	42 87 000	07 53 100	1305
B10	505.0	42 87 400	07 59 463	1232
B11	580.0	42 92 250	07 58 200	1525
B12	566.5	42 92 725	07 52 595	1232
B13	467.8	42 98 689	07 49 892	1126
B14	389.0	42 95 183	07 50 600	1215

4.2. Mineralojik İncelemeler

XRD analizi ile dört adet sondaja ait (B-2, B-7, B-10 ve B-14) 43 adet kil ve karbonatça zengin örneğin mineralojik bileşimi ve oranları belirlenmiştir (Çizelge 2). Analiz için seçilen sondajlar ve sondaj karot örnekleri çalışma alanını karakterize edecek şekilde belirlenmiştir. Analiz yapılan örneklerde kil mineralleri, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit ve eser miktarda anhidrit mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 5). Kil mineralleri Ca-simektit, illit ve kaolinit olarak belirlenmiştir. Kil ve karbonat mineralleri hemen her örnekte tespit edilmiştir. Analizi yapılan örneklerin kil içeriğinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Ana karbonat minerali kalsittir. Dolomit kalsite oranla daha az bulunmaktadır.



Şekil 4. Çalışma alanında yapılan B7 ve B10 sondajlarının düşey stratigrafik kesitleri (Sondajların haritadaki yeri için Şekil 1b'ye bakınız).

XRD çalışmaları ile dolomit mineralinde Ca/Mg oranı belirlenebilir (Goldsmith ve Graf 1958). Çalışma alanında bulunan dolomitlerin çoğunluğunun Ca-dolomit (2.90 Å) olduğu tespit edilmiştir. İlk kez Graf ve Goldsmith (1956) tarafından tanımlanan Ca'ca zengin protodolomitler gölsel basenlerde oluşabilmektedir.

XRD analizleri incelendiğinde kuvars minerali her örnek de düşük oranlarda gözlenmiştir. Diğer silikat

minerali olan feldispat ise incelenen örneklerde oldukça düşük miktarlarda tespit edilmiştir (Şekil 5, Çizelge 2).

Kil minerallerinden Ca-simektit normal çekimlerinde 14.15 Å ile 14.74 Å arasında, etilen glükollü çekimlerinde 17.56-18.02 Å arasında, kaolinit 7.15 Å ve illit ise 10.04 Å daki karakteristik pikleri ile tanımlanmıştır (Şekil 6).

Çizelge 2. Sondajlardan seçilen örneklerin mineralojik bileşimleri.

Örnek No	Kil	Kuvars	Feldispat	Kalsit	Dolomit	Anhidrit
B2-38.00	*****	*	*	*		
B2-103.90	****	acc	acc	**		
B2-107.00	**	*	*	****		
B2-125.00		acc		*****		
B2-158.00	**	acc	*	*	*****	acc
B2-177.00	****	**	*	*	*	
B2-213.80	***	**	*	**	*	
B2-260.50	**	**	*	**	*	
B2-301.00	****	*	acc	**	*	acc
B2-322.00	****	**	acc	**	*	
B2-351.00	*****	*	acc	**	acc	
B2-411.40	****	**	acc	**	*	acc
B7-37.50	****	**	*	*	*	
B7-91.60	****	**	acc	*	**	
B7-143.00	****	**	acc	**	**	acc
B7-167.00	***	***	acc	*	**	
B7-248.20	***	**	*	**	*	
B7-284.00	**	*	*	****	*	
B7-354.50	*****	*	acc	***	acc	
B7-378.20	****	**	*	**	*	acc
B10-93.50	*****	*	*	*	*	
B10-113.50	*****	**	acc	*	*	
B10-139.70	*****	*	*	acc	acc	
B10-162.00	*****	*	acc	*	*	acc
B10-202.00	*****	*	acc	*	*	
B10-220.10	*****	*	acc	*	*	
B10-241.00	****	***	acc	*	*	
B10-280.00	*****	*	*	**	acc	acc
B10-320.00	*****	*	*	*	acc	
B10-343.00	****	*	*	**	*	
B10-380.00	*****	*	*	*	*	acc
B10-429.80	***	**	acc		**	
B10-499.00	****	**	*	acc	**	
B14-59.10	***	*	acc	***	*	
B14-78.00	****	*	acc	**	*	
B14-118.50	*	*	acc	*****	*	acc
B14-169.00	***	**	acc	**	*	
B14-208.40	***	**	*	***	*	
B14-259.35	***	**	acc	*	**	acc
B14-286.95	***	**	*	**	**	
B14-313.45	***	**	*	**	*	acc
B14-340.45	****	**	*	**	*	
B14-389.60	***	**	*	**	*	

Not: Minerallerin nispi bollukları '*' işareti ile belirtilmiştir. acc: aksesuar

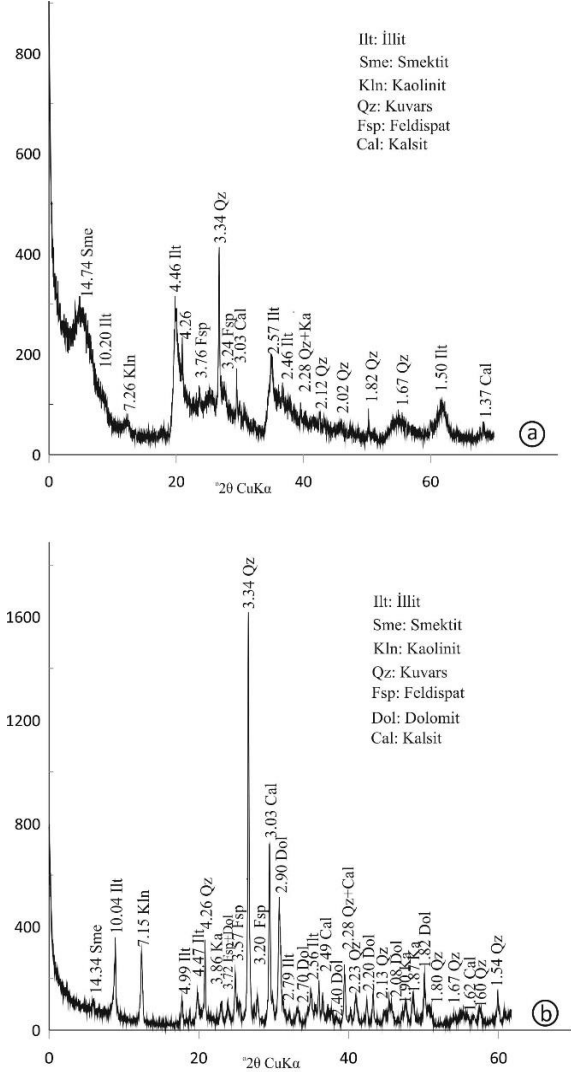
4.3. Jeokimyasal İncelemeler

4.3.1 Ana ve iz element kimyası

Çalışma alanında yapılan B-2 ve B-14 sondajlarından derlenen kil ve karbonatça zengin 16 adet örneğin majör, minör, nadir toprak element (NTE), ateş kayıp ve (TOT/C) ve (TOT/S) analizleri yapılmıştır. Analizleri yapılan numunelerin ana element oksit, ateşte kaybı (AK), toplam C (TOT/C), toplam S (TOT/S) ve iz element içerikleri Çizelge 3' de verilmiştir.

Al₂O₃ ile SiO₂ arasında B2 ve B14 sondaj örneklerinde pozitif korelasyon gözlenmiştir. Al₂O₃ ile Fe₂O₃ arasında B2 sondaj numunelerinde kuvvetli pozitif korelasyon tespit edilirken, B14 sondaj numunelerinde orta kuvvetli pozitif korelasyon tespit edilmiştir. K₂O ile Al₂O₃ arasında B2 ve B14 sondajının her ikisinde de kuvvetli pozitif korelasyon gözlenmiştir. CaO ile Toplam C arasında her iki sondajda zayıf pozitif korelasyon gözlenmiştir.

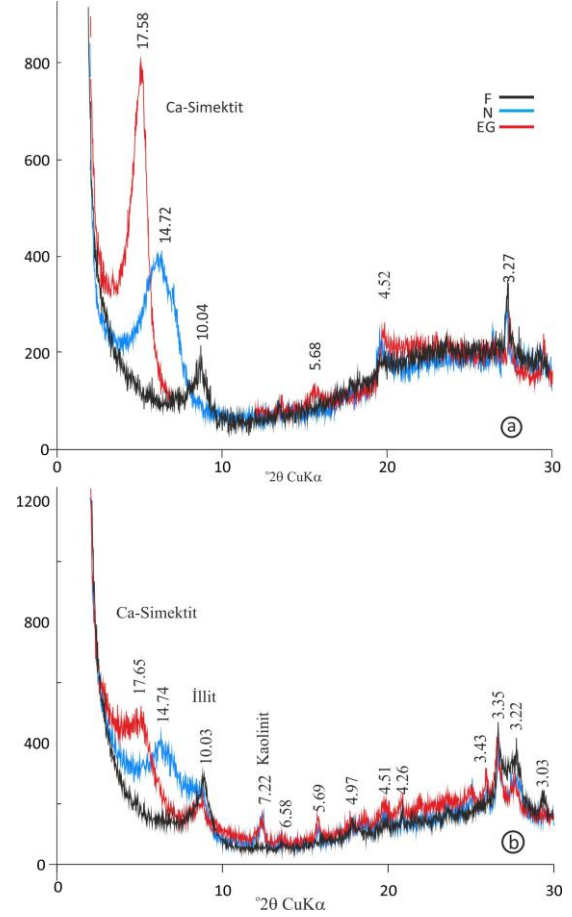
SiO₂ ye karşılık (Al₂O₃+K₂O+Na₂O) (Suttner ve Dutta, 1986) grafiklerinde örneklerin kurak/yarı kurak koşullar altında oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 5. a) B2-38 nolu örneğin tüm kaya XRD analizi, b) B14-286.95 nolu örneğin tüm kaya XRD analizi.

B-2 sondajında Zr içeriği 2.8 ppm ve 508.6 ppm, Rb içeriği 1.1 ppm ve 299.4 ppm, Ba içeriği 76 ppm ve 1022 ppm, Sr içeriği 199.7 ppm ve 646.8 ppm, Ni içeriği 19 ppm ve 152 ppm, V içeriği 8 ppm ve 128 ppm arasında değişmektedir. B-14 sondajında Zr içeriği 18.00 ppm ve 156.9 ppm, Rb içeriği 22.7 ppm ve 128.4 ppm, Ba içeriği 188 ppm ve 432 ppm, Sr içeriği 440.7 ppm ve 1080.0 ppm, Ni içeriği 63 ppm ve 374 ppm, V içeriği 19 ppm ve 108 ppm arasında değişmektedir. Ba, Rb ve Zr miktarının kil oranı fazla olan numunelerde karbonat oranı fazla olan numunelere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Karbonat içeriği yüksek numunelerde ise Sr içeriği

kilce zengin numunelere göre daha yüksektir. Kalsit ve dolomit içeriği yüksek olan örneklerde (B2-107, B2-125, B2-158 ve B14-118.5) Sr içeriği 375.8 ppm ile 1080 ppm arasında değişirken, safya yakın kil içeren B2-38 nolu örnek 219.3 ppm Sr içermektedir.



Şekil 6. a) B10-139.7 nolu örneğin kil fraksiyonu XRD analizi, b) B10-320 nolu örneğin kil fraksiyonu XRD analizi.

4.3.2 Nadir toprak element kimyası

Analizi yapılan numunelerin NTE (Nadir toprak element) içerikleri, NTE anomali ve oranları Çizelge 4'de verilmiştir.

Karbonatça zengin örneklerin (B2-125, B14-118.5 vb.) toplam iz ve nadir toprak element içeriklerinin kil oranı yüksek numunelere oranla oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Örneğin saf kalsit örneğinde (B2-125) toplam iz element miktarı 488.7 ppm ve toplam NT element miktarı 2.17 ppm iken, kil mineral içeriği %95 olan B2-38 nolu örnekte toplam iz element miktarı 2522.2 ppm ve toplam nadir toprak elementi miktarı 295.65 ppm dir.

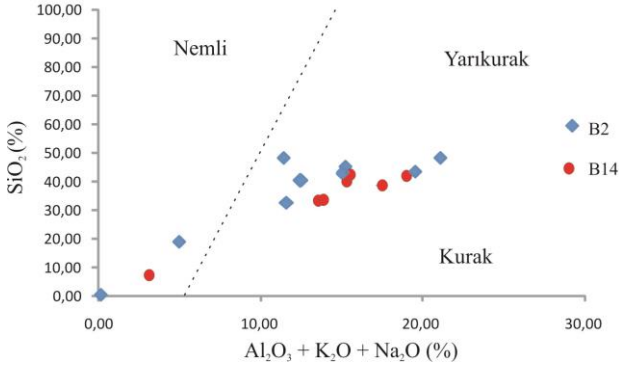
Çizelge 3. Sondajlardan seçilen kil ve karbonatça zengin örneklerin ana element oksit (%) ve iz element içerikleri (ppm).

Örnek No	B2-38.0	B2-107.0	B2-125.0	B2-158.0	B2-213.8	B2-260.5	B2-301.0	B2-351.0	B2-411.4	B2-59.10	B14-118.5	B14-169.0	B14-208.4	B14-259.3	B14-313.4	B14-389.6
SiO ₂	48.45	32.78	0.51	18.85	45.38	48.34	41.96	42.27	42.05	33.96	6.93	40.35	36.10	40.69	38.79	39.92
Al ₂ O ₃	18.58	9.49	0.13	4.12	12.71	9.59	15.92	15.78	13.02	11.29	2.64	10.37	11.44	10.32	14.45	12.90
Fe ₂ O ₃	8.52	3.76	0.11	1.69	3.99	5.16	3.19	5.22	4.86	6.10	1.24	8.55	4.91	3.92	6.01	4.26
MgO	2.02	1.69	0.44	13.77	2.53	2.65	2.58	2.53	2.74	3.29	1.40	4.04	3.64	5.15	3.93	3.68
CaO	2.28	23.27	54.57	21.63	14.22	13.82	12.37	12.45	15.19	19.38	47.76	13.70	18.56	16.12	13.11	15.87
Na ₂ O	0.19	0.30	0.02	0.20	0.35	0.24	0.41	0.41	0.33	0.27	0.08	0.30	0.35	0.41	0.52	0.48
K ₂ O	2.37	1.85	0.02	0.68	2.18	1.63	2.85	2.66	2.18	1.89	0.44	1.81	2.01	1.79	2.57	2.22
TiO ₂	0.97	0.52	0.01	0.20	0.71	0.65	0.77	0.77	0.66	0.52	0.11	0.54	0.53	0.55	0.61	0.58
P ₂ O ₅	0.10	0.32	0.03	0.05	0.11	0.11	0.09	0.12	0.11	0.14	0.01	0.08	0.08	0.09	0.11	0.09
MnO	0.05	0.04	0.03	0.03	0.06	0.07	0.03	0.06	0.06	0.12	0.02	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.002	0.006	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.007	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04
AK	16.1	25.5	44.1	38.4	17.5	17.5	19.6	17.5	18.6	22.7	39.2	19.9	22.0	20.5	19.5	19.6
Top	99.73	99.77	99.93	99.68	99.83	99.84	99.82	99.83	99.83	99.81	99.82	99.79	99.79	99.77	99.78	99.79
TOT/C	0.21	5.30	12.61	11.54	4.08	4.48	6.17	4.42	5.05	5.72	11.34	5.09	5.34	5.37	5.23	4.89
TOT/S	0.02	0.07	0.05	0.80	0.02	0.04	0.78	0.14	0.65	0.14	0.57	0.04	0.07	0.65	0.26	0.13
Ba	1022	1799	76	120	357	270	432	415	358	307	188	297	332	307	432	379
Ni	70	34	19	38	51	98	86	152	128	243	63	231	186	209	374	293
Sc	11	7	1	4	12	9	15	14	12	11	2	11	11	11	15	12
Be	9	9	1	1	1	2	2	2	2	6	1	1	1	1	2	1
Co	15.8	7.2	0.9	7.2	8.5	20.9	17.9	22.5	19.5	23.3	4.3	26.6	20.0	20.7	33.7	28.4
Cs	21.4	24.6	0.4	5.1	8.4	5.7	11.4	11.1	7.3	11.0	4.0	7.4	7.4	8.8	16.4	11.9
Ga	25.2	14.0	0.5	5.3	16.0	12.3	20.9	20.0	15.9	12.7	2.2	13.2	13.5	13.1	18.8	16.5
Hf	13.5	5.8	0.1	1.2	5.2	5.8	4.1	4.1	3.8	2.7	0.5	3.4	2.7	4.0	2.8	3.3
Nb	38.7	17.7	0.1	6.0	16.2	13.0	16.8	16.1	13.4	11.4	2.9	11.7	11.8	12.1	13.3	12.8
Rb	299.4	182.1	1.1	44.4	105.7	72.5	130.9	120.2	96.0	91.5	22.7	84.8	91.7	87.0	128.4	108.1
Sr	219.3	646.8	375.8	493.5	250.6	199.7	295.8	282.1	263.3	440.7	1080	477.0	586.6	497.2	482.8	486.7
Ta	2.2	1.0	0.1	0.4	1.1	0.9	1.3	1.1	0.9	0.9	0.2	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8
Th	44.1	24.1	0.0	5.9	12.0	9.2	12.9	13.8	10.7	9.7	2.0	9.7	9.8	9.1	12.4	10.9
V	128	86	8	40	97	84	128	123	104	93	19	85	86	92	108	100
W	4.6	2.6	0.5	1.5	2.4	1.5	2.1	2.9	1.1	1.4	0.7	1.5	3.5	1.7	2.1	6.1
Zr	578.6	234.9	2.8	44.5	200.3	221.7	163.0	155.8	140.2	105.3	18.0	131.2	103.6	156.9	107.8	124.2
Y	19.4	17.1	0.2	6.9	25.8	25.3	23.3	23.2	23.7	19.3	3.9	22.6	20.9	23.2	23.2	22.6

Çizelge 4. Sondajlardan seçilen kil ve karbonatça zengin örneklerin nadir toprak element içerikleri (ppm), anomali ve oranları.

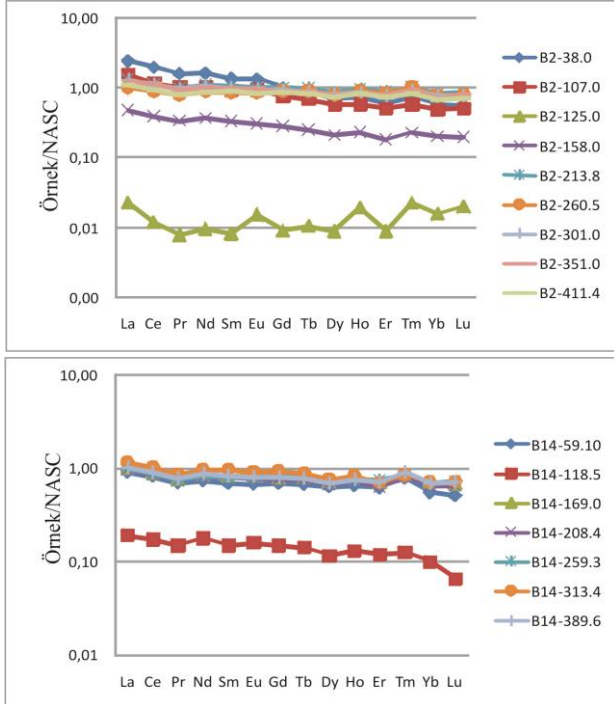
Örnek No	B2-38.0	B2-107.0	B2-125.0	B2-158.0	B2-213.8	B2-260.5	B2-301.0	B2-351.0	B2-411.4	B2-59.10	B14-118.5	B14-169.0	B14-208.4	B14-259.3	B14-313.4	B14-389.6
La	75.8	47.1	0.7	14.7	40.7	31.7	40.1	38.7	34.2	28.6	5.9	31.6	29.8	31.2	36.3	31.9
Ce	131.9	77.4	0.8	25.7	74.8	61.0	74.3	76.8	63.7	55.0	11.6	60.0	56.8	59.2	70.1	61.1
Pr	14.04	8.88	0.07	2.98	8.81	7.21	8.55	8.35	7.27	6.22	1.32	6.80	6.58	6.65	7.76	6.92
Nd	49.2	31.4	0.3	11.1	33.5	26.8	32.3	30.4	26.8	22.3	5.4	25.8	24.0	25.5	29.2	26.7
Sm	8.03	5.49	0.05	1.98	6.27	5.21	5.82	5.70	5.34	4.12	0.89	4.97	4.73	4.81	5.85	4.95
Eu	1.67	1.16	0.02	0.38	1.25	1.06	1.16	1.20	1.06	0.85	0.20	1.03	0.97	1.00	1.15	1.02
Gd	5.49	4.10	0.05	1.54	5.49	4.92	5.09	4.78	4.73	3.79	0.82	4.26	4.11	4.59	5.12	4.45
Tb	0.74	0.58	0.01	0.21	0.84	0.77	0.75	0.75	0.72	0.57	0.12	0.69	0.63	0.69	0.75	0.67
Dy	3.80	3.16	0.05	1.16	4.74	4.41	4.41	4.22	4.15	3.45	0.64	3.99	3.69	4.02	4.24	3.84
Ho	0.72	0.58	0.02	0.23	0.96	0.90	0.85	0.84	0.85	0.65	0.13	0.80	0.72	0.76	0.84	0.76
Er	1.95	1.64	0.03	0.59	2.83	2.70	2.54	2.54	2.46	2.03	0.39	2.31	2.04	2.46	2.28	2.32
Tm	0.29	0.23	0.01	0.09	0.41	0.40	0.37	0.37	0.34	0.31	0.05	0.34	0.32	0.34	0.34	0.36
Yb	1.77	1.51	0.05	0.63	2.55	2.39	2.39	2.17	2.14	1.71	0.31	2.20	1.98	2.14	2.20	2.16
Lu	0.25	0.23	0.01	0.09	0.39	0.37	0.35	0.36	0.33	0.23	0.03	0.31	0.29	0.33	0.33	0.33
NASC'a göre																
Eu/Eu*	1.15	1.12	1.76	1.00	0.98	0.96	0.98	1.05	0.97	0.99	1.07	1.03	1.01	0.98	0.96	1.00
Ce/Ce*	1.00	0.94	0.90	0.96	0.98	1.00	1.00	1.06	1.00	1.02	1.03	1.02	1.01	1.02	1.04	1.02
Kondrit'e göre																
Eu/Eu*	0.77	0.75	1.17	0.67	0.65	0.64	0.65	0.70	0.64	0.66	0.72	0.68	0.67	0.65	0.64	0.66
Ce/Ce*	0.97	0.91	0.87	0.93	0.95	0.97	0.97	1.03	0.97	0.99	1.00	0.99	0.98	0.99	1.01	0.99
HNTE/ ONTE	13.25	10.93	9.54	9.91	8.07	7.34	8.59	8.82	7.83	8.35	8.65	7.89	7.89	7.72	7.99	8.07
HNTE/ ANTE	63.60	45.65	19.38	38.91	25.54	21.62	27.48	28.35	25.04	26.20	31.05	24.07	25.31	23.25	27.84	24.49
NTE	295.7	183.5	2.15	61.38	183.5	149.9	179.0	177.2	154.1	129.8	27.80	145.1	136.6	143.7	166.5	147.5

Not: Eu/Eu*=Eu_N/[Sm_NGd_N]^{1/2}, Ce/Ce*=Ce_N/[La_NPr_N]^{1/2} NTE=La-Lu, HNTE=La-Nd, ONTE=Sm-Ho, ANTE=Er-Lu



Şekil 7. B2 ve B14 sondajına ait örneklerin paleoklimsel koşulları gösteren SiO₂ karşılık Al₂O₃+K₂O+Na₂O diyagramı.

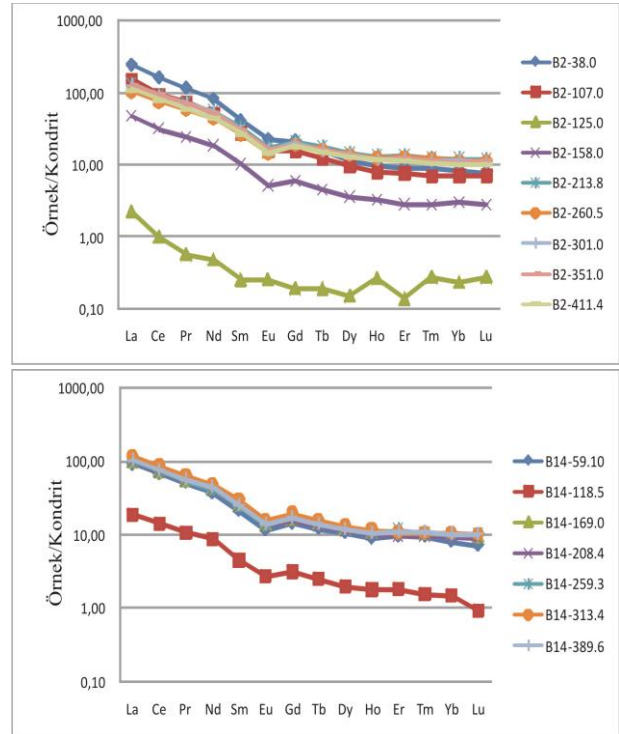
Örneklerin NTE içerikleri Kondrit'e göre (Boynton 1984, Sun ve McDonough 1989) ve NASC'a göre (Gromet vd. 1984, Taylor ve McLennan 1985, Condie 1993) normalize edilmiştir. NT elementlerinin NASC'a göre normalize edilmiş değerlerini gösterir grafiklere bakıldığında NTE eğilimlerinin yataya yakın ve dolayısıyla NASC değerlerine paralel olduğu görülmektedir (Şekil 8). NT elementlerinin Kondrit'e göre normleştirilmiş değerlerini gösterir grafiklere bakıldığında ise hafif nadir toprak elementlerinin ağır nadir toprak elementlerine oranla zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. B-2 ve B-14 nolu sondaj örneklerinin NT elementlerinin NASC'a göre değişim diyagramları.

NT elementlerinde NASC'a göre Eu* anomalisi 0.96 ile 1.15 arasında değişmektedir. Yalnız bir örnekte oldukça yüksek bulunmuştur (B2-125: 1.76). Ce* anomalisi ise 0.90 ile 1.06 arasında değişmektedir (Çizelge 4). Kondrit'e göre ise Eu* anomalisi bir örnek hariç (B2-125: 1.17) 0.64-0.77 arasında değişmekte olup, negatif anomalî gözlenmiştir. Ce* anomalisi ise NASC'a benzer olup 0.87-1.03 arasında değişmektedir (Çizelge 4).

B-2 sondajı örneklerinin HNTE/ONTE (hafif nadir toprak element/ortalama nadir toprak element) oranları 7.34 ve 13.25 arasında değişmektedir. B-14 sondaj örneklerinde ise HNTE/ONTE oranları 7.72 ve 8.65 arasında değişmektedir. B-2 sondaj örneklerinin HNTE/ANTE (Hafif nadir toprak elementler/ağır nadir toprak elementler) oranları 21.62 ve 63.60 arasında değişirken, B-14 sondaj örneklerinin oranı 23.25 ve 31.05 arasında değişmektedir (Çizelge 4). Oranlara bakıldığında hafif nadir toprak elementler, ortalama ve ağır nadir toprak elementlere göre zenginleşme göstermektedir.



Şekil 9. B-2 ve B-14 nolu sondaj örneklerinin NT elementlerinin Kondrit'e göre değişim diyagramları.

5. Tartışma ve Sonuç

Uşak havzası ile bağlantılı olan Banaz havzası, büyük bölümü ile Uşak Neojen istifi ile benzer stratigrafi özellikleri gösterir. Banaz havzasının temelini Menderes Masifi Metamorfikleri oluşturmaktadır. Granit-şist, mikaşist, fillit, mermer blokları ve mercerklerinden oluşan metamorfikler, inceleme alanının güneyinde yayılım gösterir. Banaz havzasını dolduran Neojen istifi alttan üste doğru, egemen olarak fluviyal, gösel ve alüvyonal yelpaze ortamında çökelmiş tortullardan yapıldır. Riyodasit, trakit, trakinadezit, andezit, tefrit, tuf ve aglomeralardan oluşan Üst Miyosen yaşlı Karaboldere volkanitleri inceleme alanının doğu-güneydoğusunda yayılım göstermektedir.

Bölgede kömür arama amaçlı 14 adet yapılan sondajların derinlikleri 95.5m ile 580m arasında değişmektedir. Sondajlar incelendiğinde güneyden kuzeye gidildikçe Neojen yaşlı istifin kalınlığının arttığı görülmektedir. Söz konusu Neojen tortullar çalışma alanının kuzeyinde daha çok kaba taneli ve fluviyal ortam çökelleri halinde görülürken güneyde ince taneli ve gösel ortam çökelleri halinde gözlenmektedir. Banaz havzasının batı bölümünde yapılan sondajlarda daha çok gösel ve fluviyo-lacustrine birimler, doğu bölümünde ise daha çok fluviyal birimler egemendir. Banaz havzasının doğu ve kuzeyinde gözlenen derinleşme ve fluviyal birimlerin kalınlaşması, temele kadar uzanan gömülü faylarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Havzanın doğu ve güneydoğu bölümünde yapılan sondajlarda fluviyal istif içinde volkanoklastik çakıltaşlarından oluşan volkanik arakatıklar bulunması volkanik aktivitenin havzada çökeltme ile eş zamanlı olduğunu göstermektedir. Havzada Neojen istifin altında bulunan fluviyal tortullar bu çalışmada Yeniköy Formasyonu olarak, üzerine gelen gösel tortullar ise Küçükderbent formasyonu olarak ayırt edilmiştir.

Fluviyal birimlerin yaygın olduğu havzada su seviyesinin arttığı dönemlerde havzaya kırıntılı malzeme çökeltimi olmuştur. Havzada zaman zaman sular çekilmiş ve bataklık ortamı egemen olmuştur. Organik malzemenin bataklık ortamında birikimi ile kömür oluşumu meydana gelmiştir. Havza

çevresindeki şist, mermer, volkanik ve volkanosedimanter kayaçların bozunma ürünü olarak gelişen malzemenin çökeltme havzasına taşınan kırıntılı malzemenin başlıca kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Illit, Ca-simektit ve kaolinit havzada yaygın bulunan kil mineralleridir. Karbonat minerali olarak da kalsit ve dolomit en yaygın minerallerdir. Dolomit mineralinin varlığı çökeltme ortamında ortam suyunun Mg bakımından giderek zenginleştiğini göstermekte ve bize çökeltme ortamı olarak yarı kapalı ve kurak/yarı kurak ortamı işaret etmektedir. Bunun aksine kalsit mineralinin arttığı evreler ise çökeltim sırasında ortam tuzluluğunun daha az olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında bulunan dolomitlerin çoğunluğunun gösel basenlerde oluşan Ca'ca zengin protodolomitler olduğu tespit edilmiştir.

Gösel ortamlarda, Ph, alkalite ve tuzluluğun artmasına bağlı olarak karbonat mineralleri ile birlikte sülfat mineralleri çökeltmeye başlar. Jips mineralinin çökeltmeye başlaması için yükselen pH ve sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaktadır (Eardley ve Stringham 1952). XRD analizlerinin sonucunda örneklerde jips minerali gözlenmemiş eser miktarda anhidrit tespit edilmiştir.

Karbonat ve sülfatlarda Sr içeriği tuzluluğun belirteci olup incelenen dolomitçe zengin örneklerde Sr içeriğinin oldukça yüksek olması (1080ppm) ortam tuzluluğunun arttığını göstermektedir. Ayrıca örneklerde belirlenen Sr miktarları arasındaki yüksek farklılıklar kararsız hidrolojik koşulları yansıtmakta ve düşük Sr miktarları azalan tuzluluğa işaret etmektedir (Matano vd. 2005).

Hafif nadir toprak elementlerinin, orta nadir toprak elementlerine ve ağır nadir toprak elementlerine göre zenginleşmesi ve bununla birlikte negatif Eu* anomalilerinin gözlenmesi B2 ve B14 sondajlarında kilin feldispatın bozunması ile oluştuğunu göstermektedir. Nadir toprak elementlerin NASC ve Kondrit'e göre normalize edilmiş değişim diyagramlarının benzer bir dağılım göstermesi örneklerdeki NTE'nin aynı köken kayaçtan kaynaklandığını gösterir. NT elementlerinde NASC

ve Kondrit'e göre gözlenen anomali ve oranlar havza da bulunan sedimanter kayaların kıtasal kabuk kökenli olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu araştırmaya 17.FEN.BİL.50 numaralı proje ile maddi destek veren Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne, arazi ve sondaj çalışmalarındaki desteklerinden dolayı TKİ Genel Müdürlüğü'nün kömür aramaları proje ekibine teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

Akgün, F., Kayseri, M.S. and Akkiraz, M.S., 2007. Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene–Miocene period in the Western and Central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **253**, 56–106.

Aydın, A., 1996. Uşak Banaz yörelerinin jeolojisi ve kömür olanakları. MTA Rapor No: 10260.

Başaran, C., 2009. Hallaçlar (Banaz-Uşak) Kaolen yataklarının jeolojik mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması. YL Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar 136.

Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of rare earth elements: meteorite studies. Pp. 63–114 in: Rare Earth Element Geochemistry (P. Henderson, ed.). Elsevier, Amsterdam.

Condie, K.C., 1993. Chemical Composition and Evolution of the Upper Continental Crust; Contrasting Results from Surface Samples and Shales. *Chemical Geology*, **104**, 1-37.

Çakmaköğlu, A., 1986. Çivril-Banaz-sandıklı-Dinar Arasındaki bölgenin jeolojisi. MTA rapor no:8062, 28.

Davraz, A., 2007. Hydrogeochemical and Hydrogeological Investigations of Thermal Waters in The Usak Area. *Environ Geol (2008)*, **54**, 615–628.

Eardley, A.J. and Stringham, B., 1952. Selenite crystal in the clays of Great Salt Lake. *Journal of Sedimentary Petrology*, **22**, 234-238.

Ercan, T., Dinçel, A., Günay, E., Türkcan, A., 1977. Uşak Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerinin Petrolojisi. MTA rapor no:6354, Ankara.

Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. ve Günay, E. 1978. Uşak Yöresindeki Neojen Havzalarının Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **21**, 97-106.

Ercan, T., Dinçel, A. ve Günay, E., 1979. Uşak Volkanitlerinin Petrolojisi ve Plaka Tektoniği Açısından Ege Bölgesindeki Yeri. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, **22**, 185-98.

Ercan, T., Günay, E. ve Savaşçın, Y., 1982. Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlaması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **22**, 185-198.

Goldsmith, J. R. and Graf, D.L., 1958. Relations between lattice constants and compositions of the Ca-Mg carbonates. *American Mineralogist*, **43**, 84-101.

Graf, D.L. and Goldsmith, J.R., 1956. Some hydrothermal synthesis of dolomite and protodolomite. *Journal of Geology*, **64**, 173-186.

Gromet, L. P., Dymek, R. F., Haksin, L. A. and Korotev, R. L., 1984. The „North American Shale Composite“: its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**, 2469-2482.

Gündoğdu, N.M., 1982. Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 386.

JCPDS, 1993. Mineral Powder Diffraction File Databook, Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, Pennsylvania, 781.

Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *TJK Bülteni*, **27**, 1-15, Ankara.

Matano, F., Barbieri, M., Di Nocera, S., and Torre, M., 2005. Stratigraphy and strontium geochemistry of Messinian evaporite-bearing successions of the southern Apennines foredeep, Italy. *Implications for the Mediterranean 'salinity crisis' and regional palaeogeography*, **217**, 87–114

- Öztürk, A. Kansun , G. ve Karadağ , M.M., 2003. Yukarıkaracahisar (Uşak - Banaz) bölgesinin jeolojik ve petrografik özellikleri. S D.Ü. Müh. Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Bildiri Özleri, 146 -147, Isparta.
- Öztürk, A. ve Karadağ, M.M., 2002. Yukarıkaracahisar Çamsu (Banaz - Uşak) yöresi ofiyolitlerinde platin grubu metallerin dağılımı. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 229 – 230, Ankara.
- Öztürk, A. ve Karadağ, M. M., 2009. Yukarıkaracahisar (Banaz-Uşak) Bölgesinin Stratigrafisi ve Petrografik Özellikleri. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c.24, 1-21.
- Savaşçın, M.Y. and Güleç, N., 1990. Neogene volcanism of Western Anatolia. Field Excursion B3, *International Earth Sciences Colloquium On The Aegean Region, IESCA*, 3, 78.
- Savaşçın, M.Y., Güleç, N. and Tankut, A., 1990. Geochemical character and tectonic significance of Neogene volcanism extending from Aegean to Central Anatolia, IAVGE. Mainz 1990, Inter. Vol. Cong. Abstracts.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition processes. Pp. 313–345 in: Magmatism in the Ocean Basins (A.D. Saunders and M.J. Norry, editors). *Special Publication 42, Geological Society*, London.
- Suttner, L.J. and Dutta, P.K., 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *International Journal of Sediment Research*, 56, 329-345.
- Şentürk, M., 2017. Banaz (Uşak) Neojen Havzasının Jeolojisi ve Kömür Potansiyeli. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 126.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985. The continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell, London, 312.